

VERGLEICHENDE ANATOMIE UND MIKROSKOPISCHE INNER- VATION DER AUGENMUSKELN VON REPTILIEN

Von
A. STAMMER

Institut für Allgemeine Zoologie und Biologie der Universität, Szeged
(Eingegangen am 16. Jan. 1959)

Die Literatur bringt zwar vereinzelte Angaben über die Anatomie der Augenmuskeln von Reptilien (4, 6, 10), Untersuchungen über die vergleichende Anatomie und die mikroskopische Innervation der Augenmuskeln aber stehen noch aus. Da meines Erachtens zur Klärung der allgemeinen Fragen bzgl. der Innervation der Augenmuskeln nicht nur die Augenmuskeln der Säugetiere untersucht, sondern auch die Lage derselben sowie auch die Gestaltung ihrer Innervation in den phylogenetisch niedrigeren Stufen in Betracht gezogen werden müssen, habe ich als Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen die Innervation der Augenmuskeln von Reptilien gewählt.

Material und Methoden

Untersucht wurden die Augenmuskeln der in Ungarn ziemlich häufigen Zauneidechse (*Lacerta agilis*), der Sandeidechse (*Lacerta taurica*), der Wassernatter (*Tropidonotus natrix*) und der Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*). Ausserdem erhielt ich aus dem Budapest Zoologischen Garten auch Augen der griechischen Schildkröte (*Testudo graeca*) und des Erdvaran (*Varanus griseus*) und hatte somit Gelegenheit, auch deren Augenmuskeln zu untersuchen.

Die Zerlegung erfolgte wegen der Kleinheit der Muskeln meistens nach Fixieren in 10%igem Formalin unter dem binokularen Präpariermikroskop. Die neurohistologischen Untersuchungen führte ich mit der Ábrahám'schen Modifikation des Gros-Schultze'schen bzw. des Bielschowsky'schen Verfahrens aus (1, 2).

Ergebnisse

Die makroskopische Anatomie der Augenmuskeln

Die Anordnung der Augenmuskeln, sowie der Verlauf und die Verbindungen ihrer Nerven weisen bei den untersuchten Arten Abweichungen auf. Innerhalb der Ordo der Schuppentiere (Squamata) tritt ein auffallender Unterschied in der Lage der Augenmuskeln, der untersuchten Mitglieder der

Lacertiden-Familie und des *Varanus griseus* zutage. Von beiden Formen abweichend erweisen sich die Augenmuskeln der *Tropidonotus natrix* und ganz spezielle Verhältnisse finden sich bei den Schildkröten.

In Bezug auf die anatomische Lage und die makroskopischen Nervenverbindungen der Augenmuskeln habe ich folgendes feststellen können:

Bei den Eidechsen finden sich — im Verhältnis zur Grösse des Auges — relativ lange, schlanke, gerade Muskeln und auch die beiden Schrägmuskeln sind wohl entwickelt. Die geraden Muskeln beginnen an einer gemeinsamen Sehnenanlage nahe des *Nervus opticus*. Neben dem genau an der Mitte der hinteren Augapfeloberfläche erscheinenden *Nervus opticus* und der regelmässig runden Gestalt der *Orbita* trägt die gleichmässige Entwicklung der Augenmuskeln dazu bei, dass der Augenmuskelkegel vollkommen symmetrische Form zeigt. Unvollendet ist er nur insofern, als sich zwischen den langen schlanken Augenmuskeln reichlich grosse, leere Hohlräume finden. Der einzige spezielle Muskel am Eidechsenauge ist der *Musculus retractor*, bzw. nach LEUCKART (cit. 4) *Musculus retractor bursalis* genannt, dessen grösserer Abschnitt unterhalb des *Musculus rectus lateralis* liegt, während ein ganz kleiner Teil unterhalb des *Musculus rectus inferior* zu liegen kommt. Es ist ein dünner, flacher, einheitlicher Muskel, welcher in eine schmale Sehne übergeht, die sich der Nickhaut anschliesst, er stellt somit funktionell gesehen den Muskel der Augenlidbewegung dar.

Die Nerven der Augenmuskeln sind — im Verhältnis zur Augengrösse und den dünnen Augenmuskeln — auffallend dick. Die an die Muskeln herantretenden Nerven sind stets auch mit freiem Auge gut sichtbar. Der *Nervus oculomotorius* zerfällt in zwei Teile, der obere Ast innerviert den *Musculus rectus superior* und der untere den *Musculus rectus inferior*, *medialis* und den *Musculus obliquus inferior*. Aus dem *Ramus inferior* des III. Gehirnnerven tritt vor seinem Eintritt in den *Musculus rectus inferior* ein dicker Nerv aus, um dem *Bulbus* zuzuschreiten. An diesem Ast befindet sich ein kleines gut entwickeltes *Ggl. ciliare*. LENHOSSÉK (7) hat bei *Lactera viridis* sogar ein doppeltes Ganglion mitgeteilt, das ich bei den untersuchten Arten aber nicht beobachten konnte. Der *Nervus trochlearis* tritt oberhalb der Öffnung des *Nervus opticus* und durch seine eigene, in nasaler Richtung gelegene Öffnung in die *Orbita* ein, um im *Musculus obliquus superior* zu verzweigen. Der *Nervus abducens*, der dünnste Augennerv, ist der Nerv des *Musculus rectus lateralis* und des *Musculus bursalis*. Die Verteilung der Nervenäste im Muskel ist eine Zeitlang auch mit freiem Auge zu verfolgen.

Die Anordnung der Augenmuskeln des *Varanus* kommt den beim Vogelauge gefundenen Verhältnissen sehr nahe (3). An der medialen Seite liegt auch hier die wohlentwickelte Hardersche Drüse, oberhalb bzw. unterhalb derer — über den *Bulbus* geneigt — die *Musculi obliqui* haften. Die schrägen Muskeln liegen ziemlich unabhängig vom Augenmuskelkegel. Die geraden Augenmuskeln des *Varanus* sind — ähnlich wie bei den Vögeln — breit, flach, kurz und bedecken die hintere Oberfläche des *Bulbus* vollkommen. Sie entspringen in der Umgebung der Öffnung des *Nervus opticus* auf breiter Basis mit sehr kleinen Sehnen, um sich alsbald auf dem Augapfel auszubreiten. Die am Ursprung eingenommene Breite wird ganz bis zu Ende beibehalten. Die beiden Spezialmuskeln des *Varanus*auges sind den ähnlichen Elementen des Vogelauges schon nicht mehr vergleichbar. Der eine Spezialmuskel des *Vara-*

nus entspringt an der Orbitalwand kaudal vom *Nervus opticus* auf derber, dicker Grundlage und nimmt unterhalb des *Musculus rectus medialis* Platz. Es ist grösstenteils ein starker, breiter Muskel, der — verjüngt — an der *Sklera* haftet, zu einem gewissen Teil unter der Harderschen Drüse liegt und auf dem *Bulbus* bis zu den Rändern der *Musculus rectus superior* und *inferior* reicht. An der hinteren Oberfläche des Augapfels werden beiderseits des *Musculus rectus medialis* die beiden Randstrecken des *Musculus retractor* sichtbar. Der Muskel ist nicht gleichmässig dick, an der Mitte verlaufen zwei starke Erhebungen, die sich gegen den Rand hin glätten. Der zweite Spezialmuskel entspringt ebenfalls an der Orbitalwand in der Nähe des ersten Muskels, dorso-kaudal von diesem. Ein Teil desselben haftet auf der *Sklera* an dem freien Gebiet zwischen *Musculus rectus inferior* und *M. rectus lateralis*; die dem medialen Teil des *Musculus rectus medialis* zugekehrte Portion sondert sich ab und geht in eine Sehne über, welche sich der Nickhaut anschliesst. Somit ist der eine Teil dieses Muskels als Retraktionsmuskel und der andere als Bewegungsmuskel des Auges zu werten. Da beide Muskeln an der Orbitalwand entspringen, ist ein Vergleich mit den beiden entsprechenden Spezialmuskeln der Vögel — dem *Musculus quadratus* und *pyramidalis*, welche auf dem *Bulbus* selbst entspringen — nicht zulässig.

Verlauf und Verbindungen der Augennerven des *Varanus* ähneln denen beim Vogelauge. Ein Unterschied zeigt sich insofern, als die Zahl der an die Augenmuskeln herantretenden Nervenäste eine weit grössere ist. Ich sah hier an den *Musculus rectus inferior* 8 dicke und 6—7 dünne Aeste herantreten, während beim Vogelauge nur 4—5 dicke Aeste vorkamen. Ähnliche Abweichungen finden sich auch bzgl. der Zahl der Nerven des *Musculus rectus medialis*. Die Nerven der Augenmuskeln des *Varanus* sind auch mit freiem Auge sichtbar und ihre Verteilung in den Augenmuskeln auf weiter Strecke zu verfolgen. Im Verlauf des aus dem *Ramus inferior* des *Nervus oculomotorius* heraustretenden Nerven wird ein an beiden Enden zugespitztes, längliches *Ggl. ciliare* sichtbar.

Am Auge der Wassernatter wird man des charakteristischen Gebildes des Ophidienuges, der doppelten *Cornea* ansichtig. Dieser Uhrglas-artig schliessenden Hülle dürfte es zuzuschreiben sein, dass die Augen der *Tropidonotus*-Gattung als rudimentär zu betrachten sind. Dies zeigt sich besonders bei den beiden, die Augendrehungem sichernden Schrägmuskeln. Die auf dem Augapfel liegenden geraden Augenmuskeln sind — im Verhältnis zur Grösse des Augapfels — kurz, ihre Anordnung ist regelmässig. In dieser Gruppe konnte ich der Bewegung der Augenlider oder der Rückziehung des Auges dienende, spezielle Muskeln nicht entdecken. Die Nerven der Augenmuskeln sind dünn und der *Nervus oculomotorius* ist der einzige Nerv, der stets leicht zu erkennen ist. Das *Ganglion ciliare* ist überaus klein; über den Verlauf des *Nervus trochlearis* und des *N. abducens* konnte nichts in Erfahrung gebracht werden.

Die Augenmuskeln der Schildkröten sind kräftig entwickelt. Die plattbasische Schädelform und die tiefliegende *Orbita* haben in der Lage der Augenmuskeln und in ihrer Beziehung zu den Augennerven Veränderungen hervorgebracht. Die Augenmuskeln entspringen nicht auf gleicher Sehnenanlage und auch die Augennerven treten aus diesem Grunde ziemlich weit voneinander entfernt in die *Orbita* ein. Im Auge der Schildkröten stossen

wir auf wohlentwickelte Mm. retractores, welche aus zwei Portionen bestehen; die eine Portion ist der aus der nasalen Region entspringende, ziemlich dicke Muskel, der nur teilweise auf dem *Bulbus* inseriert, während der grössere Anteil nach Durchschreiten des Augapfels in eine Sehne übergeht, die sich der Nickhaut verbindet. Dieser Muskel dient der Bewegung des Augenlides, ist also als *Musculus retractor bursalis* zu werten. Dem Zurückziehen des Auges dient die von der Tiefe der *Orbita* entspringende und an der temporalen Region haftende zweite Portion. Nimmt man nach Entfernung der beiden *Musculi retractores* die Lage der geraden und schrägen Augenmuskeln in Augenschein, so zeigen sie eine stark asymmetrische Anordnung. Sie liegen nicht aneinander geschmiegt, ihre Entwicklung ist verschiedenen Grades. Als grössten und stärksten Muskel fand ich den *Musculus rectus superior*, der zweitstärkste war der *Musculus rectus lateralis*. Der *Musculus rectus medialis* und *inferior* war relativ dünn und schmal. Von den beiden schrägen Muskeln ist der obere länger als der untere.

Die an die Augenmuskeln herantretenden Nerven sind deutlich sichtbar und ihr Verlauf stimmt im grossen und ganzen mit den bei den vorangehenden Arten geschilderten Verhältnissen überein.

Die mikroskopische Innervation der Augenmuskeln

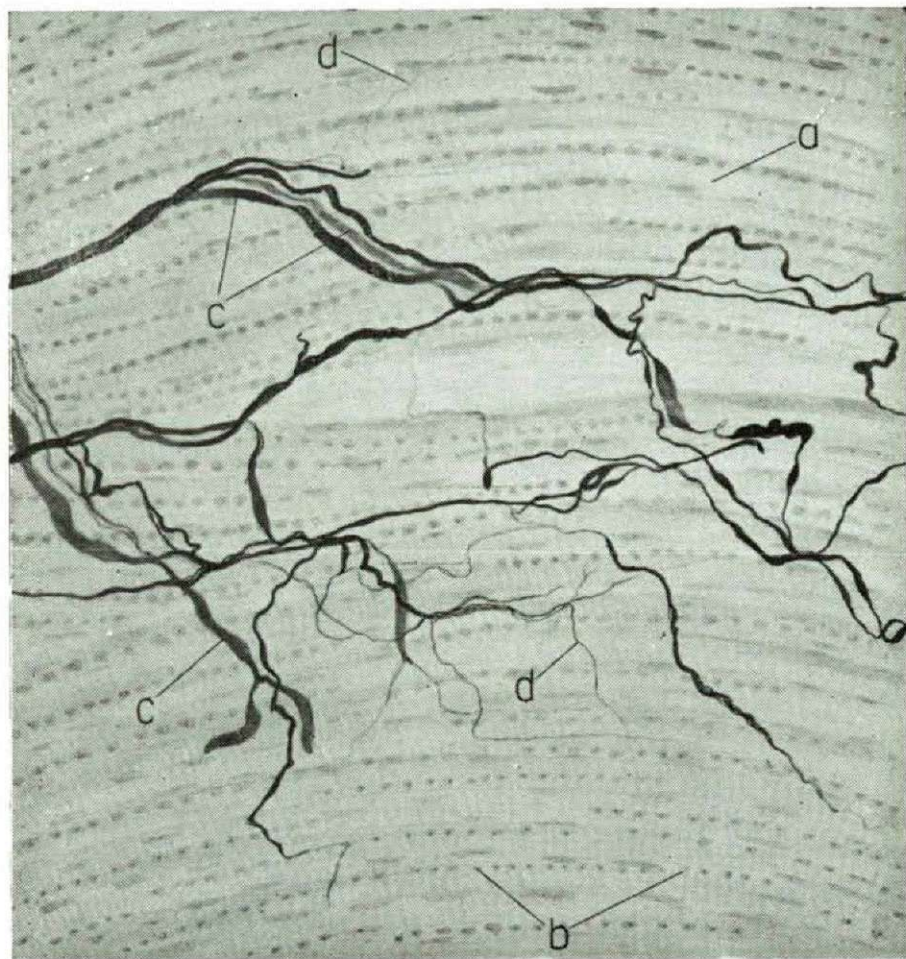
Die in der anatomischen Lage der Augenmuskeln zutagetretenden Unterschiede machten sich auch in der mikroskopischen Innervation bemerkbar. Abweichungen fanden sich besonders im Reichtum der Nervenfasern, im Vorkommen der dicken und dünnen Fasern, in den Verzweigungsformen und in den Endformationen der Fasern. Die Innervation des Eidechsen- und Natternauges ist um grossen und ganzen identisch zu nennen, während sie sich von der des *Varanus*- und Schildkrötenauges völlig unterscheidet.

Typisch für die in die Augenmuskeln von Eidechsen und Nattern eintretenden Nervenstämmen ist der auffallende Umfang der Nervenfasern (*Tafel I, Abb. 1.*). Neben den dicken Fasern kommen auch wenige dünne Fasern vor. Die dicken Fasern sind dicht mit Verdickungen, Varixen, versehen, die besonders an den Endstrecken häufig sind (*Tafel I, Abb. 2.*). Neurofibrilläre Auflockerungen, wie sie an den dicken Nervenfasern des Froschaugenmuskels in grosser Zahl gesichtet werden (8), treten weder bei den Augenmuskeln der Eidechsen, noch bei denen der Nattern in Erscheinung.

Die Verzweigung der in die Augenmuskeln eintretenden Stämme erfolgt in sämtlichen Augenmuskeln auf die gleiche Weise, gewöhnlich in der mittleren Strecke des Muskels (*Tafel I, Abb. 3.*). Zwischen den verzweigenden Stämmen findet reger Faseraustausch statt. Endigungen machen sich bereits in der Nähe der Verzweigungen, besonders aber etwas weiter entfernt bemerkbar. Meistens werden die Nervenstämmen durch die zahlreichen Abgaben von Aesten immer dünner und führen immer weniger Fasern mit sich. Liegen nur mehr einige wenige Fasern innerhalb des Stammes vor, so entfernen diese sich voneinander und bilden ein reiches Geflechsystem (*Abb. 1**). Auf dem ganzen Gebiete des Muskels treffen wir in annähernd gleicher Verteilung

* Die Abbildungen hat unser wissenschaftlicher Mitarbeiter G. MRÁZ verfertigt.

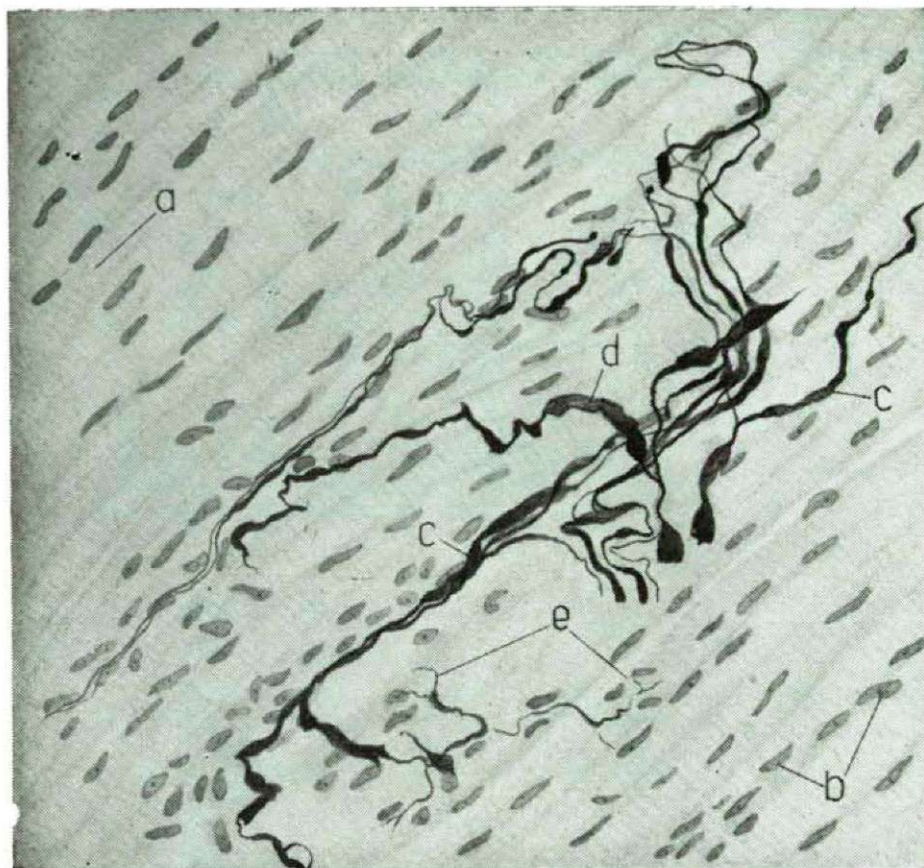
Bilder an, wie sie Abbildung 1 veranschaulicht. Besonders reich innerviert ist die mittlere Region, sowie der nahe der Insertionsstelle liegende Anteil. Die sich ihrer Endverzweigung nähernde Faser zerfällt in der Regel auf einmal in 4—6 Endäste (Abb. 1), welche meistens eine kürzer-



1. *Lacerta agilis*: *musculus obliquus superior*. Innervation des Augenmuskels.
a) quergestreifte Muskelfasern, b) Muskelzellkern, c) Nervenfasern, d) Endfasern.

oder längere Strecke an der Oberfläche der Muskelfaser zurücklegen und, ohne besondere Endformationen zu bilden, verschwinden. An den schrägen Augenmuskeln, sowie an dem *Musculus retractor bulbi* haben die Endäste längeren Verlauf als in den geraden Muskeln. Bei den Endigungen der geraden Muskeln sind die Endäste oft kurz und ihre Zahl

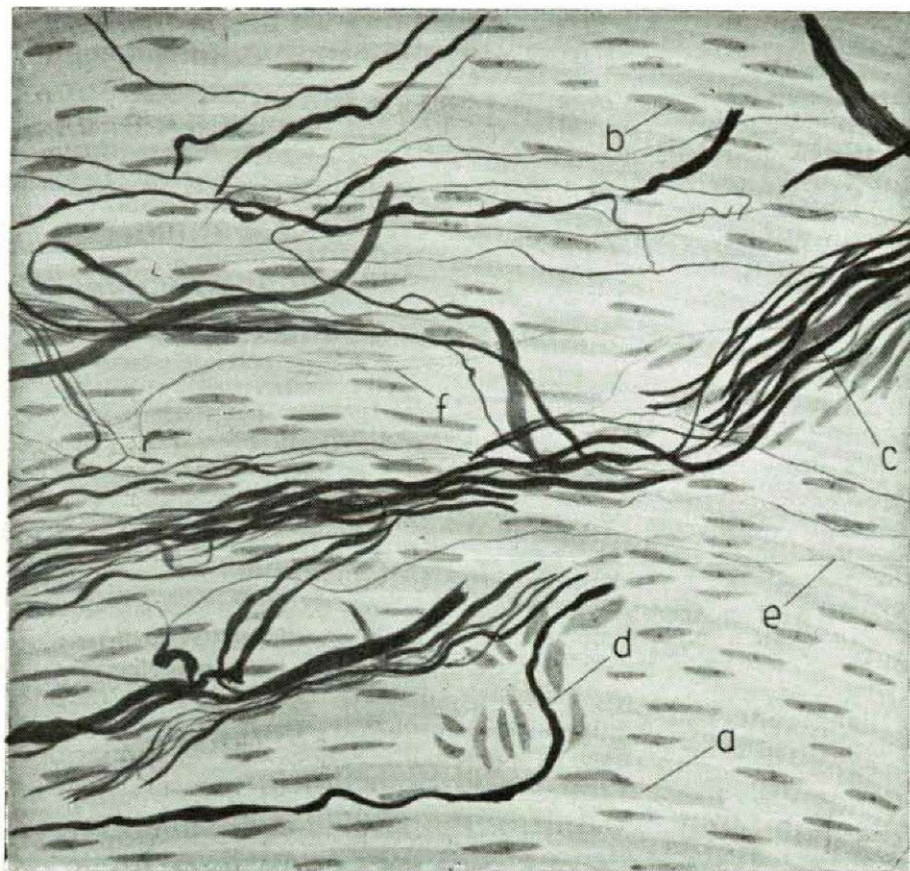
ist gering (Tafel I, Abb. 4/a). Diese Form der Verzweigung erinnert stark an die in der Skelettmuskulatur von Vögeln und Säugern zu beobachtenden Endverzweigungen vor den motorischen Endlamellen mit dem Unterschied, dass die Endlamellen sich noch nicht an den Endigungen befinden und auch



2. *Varanus griseus*: *musculus rectus medialis*. Innervation des Augenmuskels.
a) quergestreifte Muskelfasern, b) Muskelzellkern, c) Nervenfasern, d) Neurofibrillen, e) Endfasern.

die Muskelkernanreicherungen nicht in der Nähe der Endigungen erscheinen. Hier möchte ich die Tatsache erwähnen, dass — während die Nervenendigungen an den Augenmuskeln der Eidechsen, verglichen mit denen bei Fischen und Fröschen (8, 9) auch kürzer sind — Endlamellen doch nicht existieren, obzwar ich in der als Kontrolle untersuchten Bauchmuskulatur der Eidechsen motorische Endigungen imprägnieren konnte, die sich strukturell kaum von den Endigungsformen der Augen- und Skelettmuskulatur der Säugetiere unterscheiden lassen (Tafel I, Abb. 4/b). Selbst auch die Muskelkernanhäufungen erscheinen.

In sämtlichen Augenmuskeln des *Varanus* zweigen die eintretenden Nerven nahezu in gleicher Höhe, streckenweise wiederholt, auseinander. Zwischen den verzweigenden Stämmen wird reger Fasernaustausch und in den geraden und schrägen Muskeln gleichermassen reiche Innervation sicht-



3) *Emys orbicularis: musculus rectus superior*. Innervation des Augenmuskels.

a) quergestreifte Muskelfasern, b) Muskelzellkern, c) Nervenstamm, d) dicke Nervenfasern, e) dünne Nervenfasern, f) Endfasern.

bar (Tafel II, Abb. 1). Die Innervationsbilder erinnern stark an die bei den Augenmuskeln der Vögel gefundenen Verhältnisse (3). Die Stämme gehen stets radial auseinander und nehmen — in Relation zu den Muskelfasern — schrägen Verlauf. An der Innervation der Augenmuskeln nehmen sowohl dicke, als auch dünne Fasern teil. Die dicken Fasern haben meist welligen Verlauf und ununterbrochen wechselndes Kaliber. In den Verdickungen ist die fibrilläre Struktur oft wahrnehmbar (Abb. 2). Die Endverbindung der Nervenfasern bedeuten 2—3, am Ende der Seitenäste erscheinende

Endästchen. Die Endästchen sind kurz und in ihrer Nähe sind geringere Muskelkernaggregate bereits nachweisbar.

Die Innervation der Augenmuskeln der Schildkröte unterscheidet sich von den bisherigen Innervationsbildern. In den eintretenden Stämmen finden sich dünn zu nennende Nervenfasern einheitlichen Kalibers und erst nach der Verzweigung erscheinen auch dicke und dünne Fasern. Weder die allein, noch die innerhalb der Stämme ziehenden Fasern weisen Varixen auf. Im Verlauf der Fasern gibt es keine neurofibrillären Lamellen. Die in die Muskeln eintretenden Nerven stellen insofern besondere Gebilde dar, als sie von einem derben *Perineurium* umgeben sind (Tafel II, Abb. 2). Ähnliche Nerven sind mir bisher nur in den Augenmuskeln der Welse zu Gesichte gekommen (9). Die Dicke der Nervenäste der verschiedenen Muskeln ist von der Dicke des *Perineuriums* und der Zahl der Fasern abhängig. Sowohl die in den Stämmen ziehenden, als auch die Mehrzahl der einzeln ziehenden Fasern sind glattrandig und terminal allmählich verjüngt. Häufig zeigen die in den Stämmen verlaufenden Fasern Windungen (Tafel II, Abb. 3). Die diese Windungen umgebende äussere derbe, homogene Hülle erweckt an Schnitten den Eindruck, als ob in den Augenmuskeln der Schildkröten eingekapselte sensible Nervenendigungen vorlägen. Genauere Durchsicht ergibt aber in jedem Falle, dass in derartigen Gebilden nicht nur eintretende, sondern auch austretende Nervenfasern erscheinen und somit nicht von sensorischen Endigungen die Rede sein kann. Da die Mehrzahl der Nervenstämme zwischen den Muskelfasern verläuft, erwecken die Schnitte den auch zu Irrtümern Anlass gebenden Anschein, als ob in dem intramuskulären Bindegewebe Endkörper vorkämen. Die reichen Verzweigungen der aus den zwischen den Muskelfasern nahezu parallel verlaufenden Nervenstämmen heraustretenden kleineren Stämme bringen eine so eigentümlich reiche Innervation zustande, die auf dem Gebiete der Augenmuskelninnervation sämtlicher Wirbeltiere als allein stehend anzusprechen ist. Auch hier handelt es sich um Nervenstämme und ihre Verzweigungen und dennoch entsteht ein ganz anderes Bild als in den übrigen Augenmuskeln (Abb. 3). Die zerfallenden Nervenstämme zersplittern radial in immer mehrere Nebenäste (Tafel II, Abb. 4). Von den Stämmen schwenken rechtwinklig Seitenäste ab und aus diesen treten radial kleinere Nervenäste hervor. Die Verzweigungen und das System der aus den Stämmen austretenden Endfasern sind derart reich, dass sozusagen die Muskeln unter den Nervenfasern kaum noch zu sehen sind. Besonders die Innervation der geraden und schrägen Muskeln ist reichhaltig, in den *Musculi retractores* finden sich schon weniger Nervenfasern.

Die motorischen Endigungen in den Augenmuskeln der Schildkröten sind den bei den Fröschen gefundenen Endigungsformen ähnlich. An den Endigungsstellen beschreibt die Nervenfasern vor ihrer Kontaktnahme mit der Muskelfaser komplizierte Windungen, um dann mehrmals zu verzweigen. Die Endäste ziehen als längsverlaufende Einzelfasern auf den Muskelfasern entlang, die selbst die Länge der bei den Fröschen beobachteten Endfasern übertreffen. Dadurch, dass auch mehrere Endfasern nebeneinander verlaufen und sich in ihrer gewundenen Bahn miteinander vermischen können, gestalten sich die Nervenendformationen der Augenmuskeln der Schildkröten überaus kompliziert. Charakteristisch für die Endfasern ist das Erscheinen von Endköpfchen an ihren Enden. Es sind dies ganz kleine kompakte End-

knötchen, die sich in fast allen Endfasern gut imprägnieren. Neben den längsverlaufenden Endfasern sind die Kerne der Muskelfasern perlkettenförmig aneinander gereiht.

Besprechung

Die vielerwähnten beiden Probleme der Innervation der Augenmuskeln sind: die Herkunft der dicken und dünnen Fasern und die Unterschiedlichkeit ihrer Nervenendigungen. Da es sich hierbei nicht nur um eine Frage der Innervation der Augenmuskeln, sondern der ganzen quergestreiften Muskulatur handelt, haben sich diesbezüglich in der Literatur reichlich widersprechende Meinungen herausgebildet. In ihren neueren Untersuchungen sind KIRSCHKE (5), WOLLARD (11) und WOLTER (12) insofern übereingekommen, als sie den an der Innervation der Augenmuskeln der Säugetiere und des Menschen beteiligten dicken und dünnen Fasern grosse Bedeutung beimessen. Sie nehmen einen verschiedenen Ursprung an und teilen verschiedene Endigungsformen als Endigungen der Fasern mit. Hinsichtlich der Herkunft, der physiologischen Funktionen und der Endigungsformen gehen ihre Meinungen auseinander.

Ich hatte — was die an der Innervation der Augenmuskeln der Reptilien beteiligten Nervenfasern und die Gestaltung ihrer Endfasern anbelangt — natürlich eine Situation, wie sie die obigen Forscher in den Augenmuskeln der Säuger und des Menschen vorfanden, auch garnicht erwartet, habe aber dennoch in Kenntnis dieser Angaben eine Auswertung der Innervation der Augenmuskeln einer niedrigeren Wirbeltiergruppe gegeben. Auf Grund der erhaltenen Bilder bin ich zu der Überzeugung gelangt, dass es — wenigstens in dieser Gruppe — nicht angebracht ist, der Anwesenheit von dünnen und dicken Fasern grosse Bedeutung beizumessen. Diese Meinung findet eine Stütze in dem Umstand, dass in dem eintretenden Stamm bei den Schildkröten nur einerlei Fasern sichtbar werden und dünne und dicke Elemente erst nach der Teilung in Erscheinung treten. In vielen Fällen, insbesondere bei den Nattern und dem *Varanus*, ist ständig das plötzliche Dünnerwerden der Fasern zu beobachten und auch umgekehrt. Häufig zeigt die Innervation der Reptilienaugenmuskeln auch die — bei Fischen noch öfter beobachteten — Bilder, dass nämlich eine Faser in einige dicke und mehrere dünne Fasern zerfällt. All dies beweist, dass die im Umfang der Fasern feststellbaren Differenzen Ursprungs- und Funktionsunterschiede nicht zu beweisen vermögen. Die Endigungen der Nervenfasern in den Augenmuskeln der Reptilien dürften meines Erachtens — in Anbetracht ihres Kontaktes mit den Muskelfasern — motorischer Natur sein. Morphologisch ist kein einziger Endtyp auffindbar, welcher überzeugend sensible Endigungsmerkmale aufwiese.

Betreffs der Systematisierung der Reptilien auf verwandtschaftlicher Basis und der Angaben über ihre phylogenetische Entwicklung möchte ich bemerken, dass ich auf Grund meiner histologischen und anatomischen Untersuchungen an den Augenmuskeln einiger Reptilienarten feststellen konnte, dass die Muskeln der speziellen, der marinen und kontinentalen Lebensweise gleichermassen angepassten Augen der Schildkröte in vieler

Hinsicht Übereinstimmungen mit den Augenmuskeln der Frösche aufweisen, hinsichtlich der Innervation aber noch besser entwickelte und differenzierte Eigenschaften an den Tag legen. Die Muskeln des *Varanus*auges verfügen — was ihre Lage und Innervation anbetrifft — über die Eigenschaften des Vogelauges. Die Anatomie und Innervation der Augenmuskeln der *Tropinotus*- und *Lacerta*arten weist meines Erachtens die typischsten Reptiliencharakteristika auf. Diese können — wennzwar besonders in anatomischer Hinsicht auch voneinander verschieden — dennoch weder mit denen der unter, noch mit denen der über ihnen stehenden Vertebratenklassen verglichen werden.

Zusammenfassung

Anatomische und histologische Untersuchungen an den äusseren Augenmuskeln verschiedener Reptilienarten haben zu folgenden Ergebnissen geführt.

1. Die anatomische Lage und die Entwicklung der eigentlichen Augenmuskeln ist je nach der Ordo, aber auch innerhalb derselben verschieden; besonders auffallend ist aber der Unterschied in der Erscheinungsform der akzidentellen Augenmuskeln.

2. Die Augenmuskeln der Schildkröten weisen ähnliche anatomische und Innervationsverhältnisse auf wie die der Frösche, während die des *Varanus* denen der Vögel nahe stehen.

3. Der Verlauf der an die Augenmuskeln herantretenden Nerven ist bei sämtlichen untersuchten Arten nahezu der gleiche und für alle Wirbeltiere bezeichnend.

4. Die mikroskopische Innervation weist Unterschiede bei den untersuchten Arten hinsichtlich der Verzweigung der Nervenfasern, der Endigungsformen und des Nervenreichtums auf.

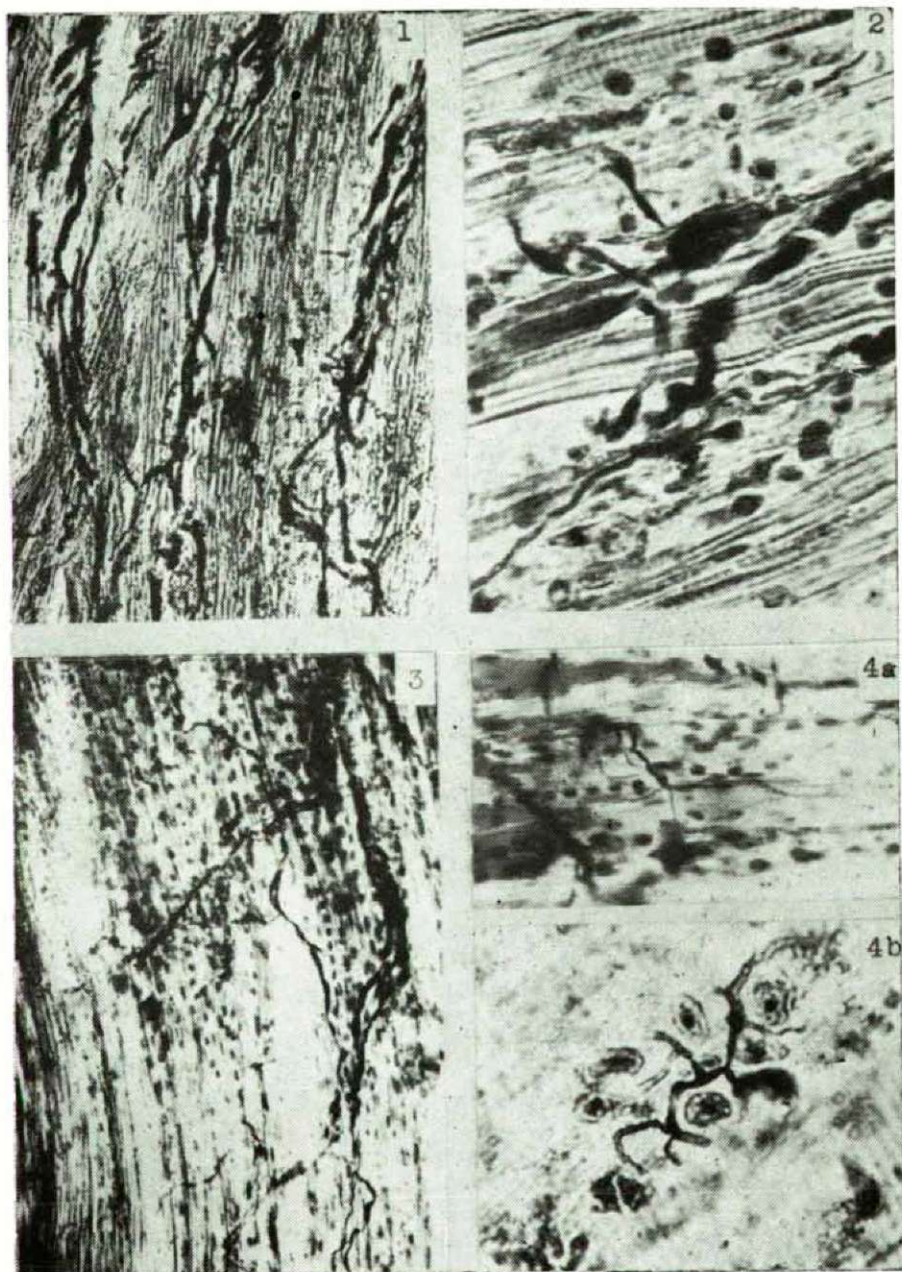
5. Die Innervation der geraden und schrägen Augenmuskeln ist eine wesentlich dichtere als bei den akzidentellen Muskeln.

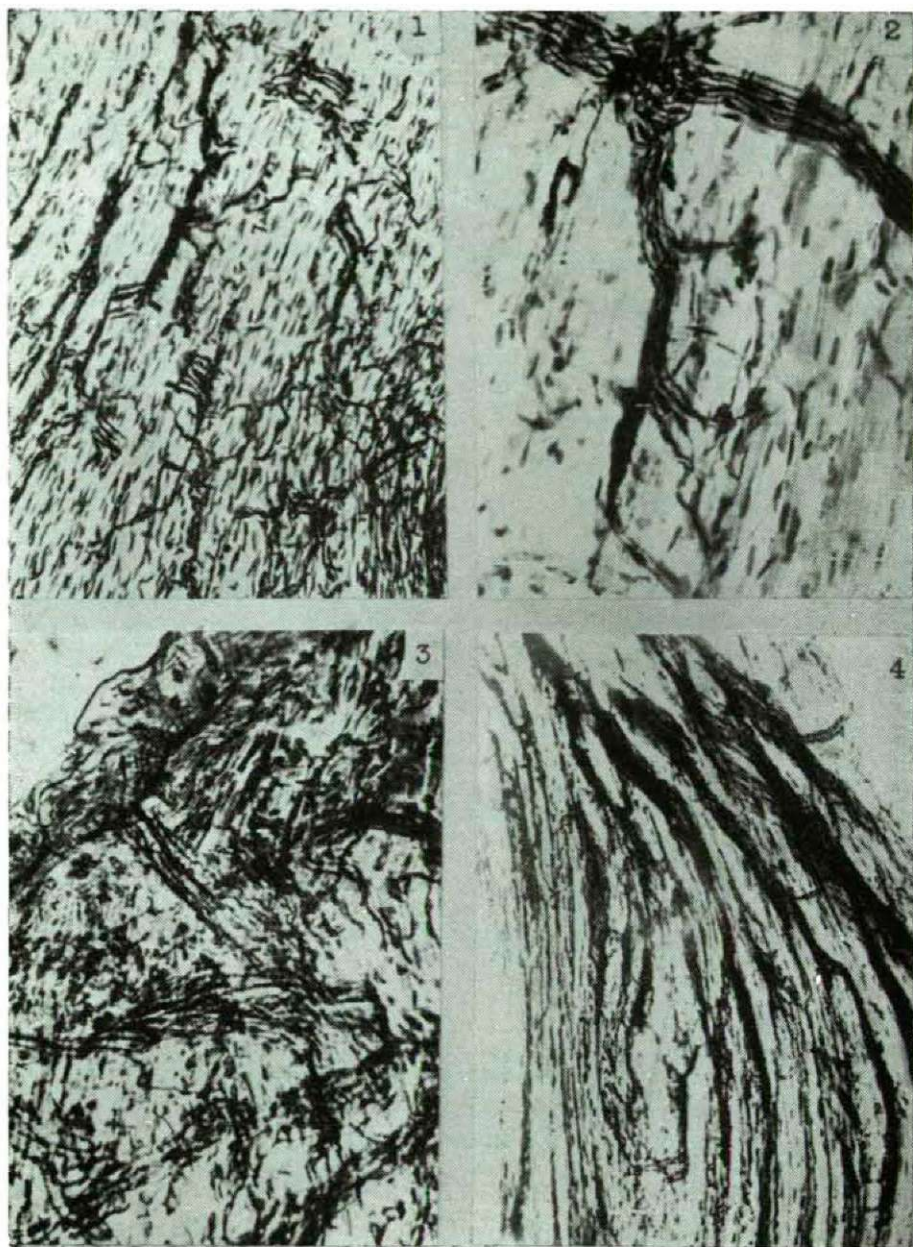
6. Die an der Innervation der Augenmuskeln teilnehmenden Nervenfasern können wegen des häufigen Kaliberwechsels auf Grund morphologischer Untersuchungen nicht als verschiedenen Ursprungs und auch physiologisch-funktionell nicht als verschieden betrachtet werden.

7. Alle Endigungen der Nervenfasern scheinen — angesichts ihrer Kontaktnahme mit den Muskelfasern — motorischer Natur zu sein.

8. Als Endigungsformen ergeben sich auf den Muskelfasern auf mehr oder minder langer Strecke ziehende Endfasern. Die Endäste sind am längsten bei den Schildkröten und am kürzesten beim *Varanus*.

Tafel I.



Tafel II.

Schrifttum

- (1) Ábrahám, A.: Az aortaideg szerkezete és végződésformái a kutya arteriás törzseiben. Über die Struktur und Endigungsformen des Aortennerven in den arteriellen Stämmen beim Hunde. Ann. Biol. Univ. Hung. **1**, 325—340 (1952).
- (2) Ábrahám, A.: Die Innervation der Blutgefäße. Acta Biol. Acad. Scient. Hung. **4**, 69—160 (1953).
- (3) Ábrahám, A., Stammer, A.: A madarak szemmozgató izmainak beidegzése, tekintettel a ganglion ciliare szerkezetére. Die Innervation der Augenmuskeln der Vögel, unter Berücksichtigung der Struktur des Ganglion ciliare. Állattani Közlem. **44**, 115—134 (1954).
- (4) Franz, V.: Höhere Sinnesorgane in Bolk, L.: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Berlin, Wien (1934).
- (5) Kirsche, W.: Die Innervation der Augenmuskulatur des Menschen. Zeitschr. f. mikr. Anat. Forsch. **57**, 402—450 (1951).
- (6) Kolmer, W., Lauber, H.: Auge. in Möllendorff, W.: Handbuch der mikr. Anat. des Menschen. Berlin, Göttingen, Heidelberg (1936).
- (7) Lenhossék, M.: Das Ciliarganglion der Reptilien. Arch. f. Mikr. Anat. **80**, 89—116 (1912).
- (8) Stammer, A.: Az Amphibiák szemizmainak mikroszkopikus beidegzése experimentális vizsgálatok alapján. Die Innervation der Augenmuskeln der Amphibien auf Grund experimenteller Untersuchungen. Állattani Közlem. **48**, 90—97 (1959).
- (9) Stammer, A.: Az édesvízi csontoshalak szemizmainak szerkezete és beidegzése. Über die Struktur und Innervation der Augenmuskeln der in Süßwasser lebenden Teleostei. Állattani Közlem. **46**, 115—123 (1957).
- (10) Wollard, H. H.: The Innervation of the ocular muscles. J. Anat. **5**, 215—223 (1931).
- (11) Wolter, J. R.: Über die Nervenendigungen in der äusseren Augenmuskulatur. Acta Neurovegetativa **4**, 344—357 (1952).

Tafel I. Erklärung der Mikrophotographien

1. *Lacerta agilis: musculus rectus inferior*. Eintretende Nervenstämme.
2. *Lacerta taurica: musculus rectus superior*. Dicke Nervenfasern mit Varixen.
3. *Lacerta agilis: musculus obliquus superior*. Verzweigungen in der mittleren Strecke des Muskels.
- 4a) *Lacerta agilis: musculus rectus superior*. Nervenendigungsform im Augenmuskel.
- 4b) *Lacerta agilis: musculus rectus abdominis*. Motorische Endplatte in der Skelettmuskulatur.

Tafel II.

1. *Varanus griseus: musculus rectus medialis*. Reiche Innervation.
2. *Emys orbicularis: musculus rectus inferior*. Eintretender Nerv von einem *Perineurium* umgeben.
3. *Emys orbicularis: musculus rectus lateralis*. Innervation.
4. *Emys orbicularis: musculus obliquus inferior*. Verzweigende Nervenäste.

Anschrift der Verfasserin: Forscherin Dr. A. STAMMER, Institut für Allgemeine Zoologie und Biologie der Universität, Tánácsics M. 2. Szeged (Ungarn).